

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-325759

(43)Date of publication of application : 10.12.1996

(51)Int.Cl. C23F 4/00  
 B01J 19/08  
 C23C 16/50  
 H01L 21/205  
 H01L 21/3065  
 H01L 21/31  
 H05H 1/46

(21)Application number : 07-156968

(71)Applicant : ANELVA CORP

(22)Date of filing : 30.05.1995

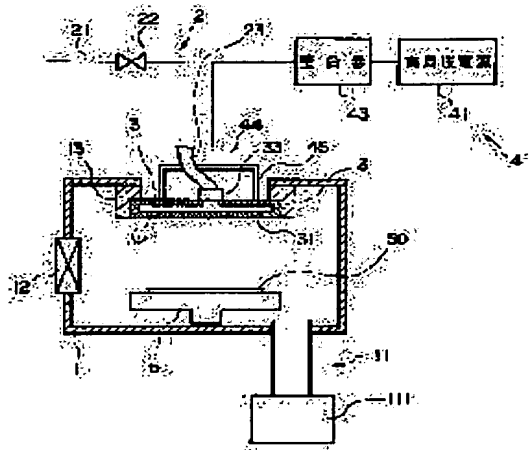
(72)Inventor : NAKAGAWA KOJIN

## (54) SURFACE-TREATING DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To conduct uniform surface treatment without making a plasma density nonuniform even when a large-sized electrode is used or a high-frequency power is used.

**CONSTITUTION:** A high-frequency power is impressed on an electrode body 3 arranged in a vacuum vessel 1 at plural power feed places to discharge a discharging gas to produce plasma. The distance between the two optional points at the longest distance from each other on the peripheral part of the electrode body 3 facing the space to produce plasma is controlled to  $\geq 1/4$  of the wavelength of the high-frequency power, and the plural power feed places to the electrode body 3 are set at the equidistant positions such as centrally symmetric. The loss of the electrode body 3 due to the surface impedance is low and the loss is made uniform, the nonuniformity of the plasma due to the wavelength of the high-frequency power is not caused, and the high-density uniform plasma is obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3425009

[Date of registration]

02.05.2003

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The vacuum housing equipped with the exhaust air system, and the gas feed system for discharge which introduces the gas for discharge in a vacuum housing, The electrode object arranged at the position in a vacuum housing and the power application device which impress high-frequency power to this electrode object, and the gas for discharge is made to discharge, and generates the plasma are provided. In the surface treatment equipment which processes the front face of a substrate using the generated plasma said electrode object A point to point distance of the two points of the arbitration on the periphery of the front face which countered the space which generates, the front face, i.e., plasma, with the longest distance It is surface treatment equipment characterized by being a configuration longer than the quarter of the wavelength of said high-frequency power, and carrying out the multi-statement of the electric power supply part to the electrode object by said power application device to the equal location.

[Claim 2] The frequency of said high-frequency power is surface treatment equipment according to claim 1 characterized by belonging to the 30 to 300MHz VHF band.

[Claim 3] Said power application device is surface treatment equipment according to claim 1 or 2 characterized by consisting of the RF generator which generates high-frequency power, a turnout which branches the output of an RF generator in the number equivalent to the number of said two or more electric power supply parts, an adjustment machine arranged on the supply line of the high-frequency power from an RF generator to a turnout, and a branching guided wave object which leads the high-frequency power which branched by the turnout to each of said electric power supply part.

[Claim 4] Said power-application device is surface-treatment equipment according to claim 1 or 2 characterized by to consist of the RF generator which generates high-frequency power, a turnout which branches the output of an RF generator in the number of said two or more electric power supply parts, a branching guided wave object which leads the high-frequency power which branched by this turnout to each of said electric power supply part, and an adjustment machine arranged, respectively on the supply line of high-frequency power with each branching guided wave object.

[Claim 5] It is surface treatment equipment according to claim 1, 2, 3, or 4 characterized by for said electrode object being a tabular member and setting up said electric power supply part in the shape of axial symmetry to the line on the rear face where the front face which countered the space which makes a rear face, i.e., the plasma, generate passes along the shape of central symmetry, and a core to the core of the rear face concerned in the field of the opposite side.

[Claim 6] The space where said electrode object makes the plasma generate from the periphery of the tabular body of an electrode and this body of an electrode is claims 1, 2, and 3 which consist of the skirt board sections prepared towards the opposite side as were prolonged, and are characterize by set said electric power supply part as this skirt board section, or surface treatment equipment given in four.

[Claim 7] Said electric power supply part is surface treatment equipment according to claim 6 characterized by being set up in the shape of axial symmetry to the line which crosses at right angles to the shape of central symmetry, and a medial axis to the medial axis of said body of an electrode.

[Claim 8] For said substrate which has said rectangle front face and is processed using the plasma, said electrode object is claims 1, 2, 3, 4, 5, and 6 characterized by being a substrate for the object for liquid crystal displays, or solar batteries, and surface treatment equipment given in seven.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the surface treatment equipment of the type which generates the plasma by the gas discharge which the front face of a substrate was made to produce with high-frequency power especially about the surface treatment equipment which performs predetermined processing using the plasma.

[0002]

[Description of the Prior Art] Performing various processings on the surface of a substrate is briskly performed in manufacture of LSI (large-scale integrated circuit), LCD (liquid crystal display), an information record disk, etc. Although thin film formation, etching, surface treatment, etc. continue variably, as for the class of surface preparation, in many cases, physical or the surface preparation using a chemical operation of the plasma is performed. Although the type of when exists in the method of the plasma production for such surface treatment, the method which uses the gas discharge produced with high-frequency power is frequently adopted from a viewpoint which is efficient and acquires the high density plasma.

[0003] Drawing 5 is a schematic diagram explaining the configuration of the conventional surface treatment equipment which used the gas discharge by such high-frequency power. The surface treatment equipment shown in drawing 5 possesses the vacuum housing 1 equipped with the exhaust air system 11, the gas feed system 2 for discharge which introduces the gas for discharge in a vacuum housing 1, the electrode object 3 arranged at the position in a vacuum housing 1, and the power application device 4 which impress high-frequency power to this electrode object 3, and the gas for discharge is made to discharge, and generates the plasma.

[0004] The power application device 4 consists of adjustment machine 43 grades arranged on RF generator 41 which generates a RF, the guided wave object 42 which leads the high-frequency power which RF generator 41 generated to the electrode object 3 in a vacuum housing 1, and the guided wave object 42. In many cases, a substrate 50 is held on the substrate holder 5 which countered the electrode object 3 and has been arranged across the space (it is hereafter called plasma production sky for short) where the plasma is generated.

[0005] In the surface treatment equipment of drawing 5, while introducing the gas for discharge according to the gas feed system 2 for discharge in the vacuum housing 1 exhausted by the exhaust air system 11, predetermined high-frequency power is impressed to the electrode object 3 according to the power application device 4. The introduced gas for discharge discharges by the electric field of the RF by which induction was carried out to the electrode object 3, and generates the plasma. And predetermined processing is performed to the front face of a substrate 5 according to a physical or chemical operation of the generated plasma. For example, if the gas which has an etching operation as gas for discharge is introduced, predetermined etching processing will be performed on the front face of a substrate 5. In addition, a thing with a frequency of 13.56MHz to which the high-frequency power impressed belongs to HF band is adopted in many cases. Moreover, 2.54GHz microwave may be used with the equipment which generates the plasma using ECR (electron cyclotron resonance).

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] There is a point of enlargement of the substrate processed as one inclination of the above surface treatment equipments. In the case of the substrate for LCD, this has the inclination which a substrate enlarges from the need of manufacturing big LCD of a screen product. Moreover,

wafer size tends to become large on the request whose field of the wafer for LSI also manufactures many devices from one wafer. Thus, when processing the front face of a large-sized substrate by the plasma, the big plasma production space corresponding to the magnitude of the front face of a substrate is needed. This means that an electrode object must also be enlarged according to enlargement of a substrate with the surface treatment equipment which used the above electrode objects.

[0007] However, when the electrode object became large in the equipment which used the above high-frequency power according to research of an artificer, it became clear that distribution of the plasma generated tends to become an ununiformity from the relative relation of the magnitude of the electrode object over the wavelength of high-frequency power. That is, when the magnitude of the front face (a front face is called hereafter) which countered the plasma production space of an electrode object is sufficiently smaller than the wavelength of high-frequency power, the problem of the heterogeneity of the plasma consistency resulting from the wavelength of high-frequency power is not produced. However, if the magnitude of the front face of an electrode object approaches the die length (the following,  $\lambda/4$ ) of the quarter of the wavelength of high-frequency power, the problem of the heterogeneity of a plasma consistency will actualize gradually. This originates in the reinforcement of the electric field by which induction is carried out to plasma production space with an electrode object having distribution of the strength according to the wavelength of high-frequency power. According to examination of an artificer, an electrode object becomes large, and if front magnitude exceeds  $\lambda/4$ , with the configuration of equipment, it will become the plasma consistency heterogeneity which poses a problem considerably practically conventionally [ above-mentioned ].

[0008] On the other hand, in the field of the surface treatment which creates an amorphous silicon thin film etc., in order to obtain a good thin film, use of the RF of a VHF band instead of the RF of the above HF bands is proposed (S. Oda, Plasma Sources Sci.Technol., 2 (1993) 26). According to this proposal, a membrane formation rate becomes about 30 times in 13.56MHz, and its membranous quality improves according to the phenomenon of SiH<sub>2</sub> association in the film, and it is reported by by impressing the electrical potential difference of the same magnitude as the case of 13.56MHz by the 144MHz RF that it is possible to also prevent generation of the particle of Si further.

[0009] Use of the RF of an about 144MHz VHF band stops however, avoiding the problem of the heterogeneity of the above plasma consistencies. That is, in creation of the amorphous silicon thin film at the time of manufacturing the TFT active-matrix mold LCD, for example, an about [ 500mmx600mm ] tabular rectangle electrode object is used. On the other hand, the wavelength of 144MHz high-frequency power becomes about 2.1m, therefore it is set to about 500mm  $\lambda/4$ . This figure becomes almost equal to the magnitude of the front face of said electrode object. For this reason, when a 144MHz RF which is proposed by the above-mentioned reference is applied to conventional equipment, the plasma uneven as mentioned above will be generated.

[0010] Moreover, with the plasma which, on the other hand, used the RF of a VHF band like the above-mentioned reference, the problem of the surface impedance of the electrode object resulting from the skin effect is also actualized. namely, -- if a frequency becomes high like a VHF band -- the high frequency current -- a conductor -- it comes to flow near a front face. the conductor with which a current flows -- thickness (henceforth, epidermis thickness)  $\delta$  of the field near a front face is given by  $\delta = \sqrt{2/(\omega \mu_0 \sigma)}$  (however,  $\omega$ ; angular frequency,  $\mu_0$ ; permeability,  $\sigma$ ; conductivity). That is, since epidermis thickness  $\delta$  becomes small in proportion to the 1/-square of  $\omega$  ( $=2\pi f$ ), in the case of a VHF wave, it will become about 2 / three to 1/5 compared with 13.56MHz HF wave.

[0011] For this reason, while the joule loss in the front face of an electrode object becomes large, consequently the power efficiency of the whole plasma production declines, the problem of ununiformity-izing of the plasma consistency by difference of the die length of a propagation path is also produced. Furthermore, the surface impedance of an electrode object is difficult to be influenced by surface roughness, dirt, etc. of an electrode object and to attain a uniform surface impedance. So, use of the VHF wave in conventional equipment will bring about ununiformity-ization of a plasma consistency also at this point. In addition, the above ununiformity-ization of a plasma consistency brings about ununiformity-ization of surface treatment [ as opposed to a substrate with a natural thing ].

[0012] Even if the invention in this application is the case where the high-frequency power of a higher frequency is used when it is made in order to solve this technical problem, and using a large-sized electrode, it

aims at offering the equipment which a plasma consistency does not ununiformity-ize and can perform uniform surface treatment to a substrate.

[0013]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, invention of this application according to claim 1 The vacuum housing equipped with the exhaust air system, and the gas feed system for discharge which introduces the gas for discharge in a vacuum housing, The electrode object arranged at the position in a vacuum housing and the power application device which impress high-frequency power to this electrode object, and the gas for discharge is made to discharge, and generates the plasma are provided. In the surface treatment equipment which processes the front face of a substrate using the generated plasma said electrode object A point to point distance of the two points of the arbitration on the periphery of the front face with the longest distance is a configuration longer than the quarter of the wavelength of said high-frequency power, and the electric power supply part to the electrode object by said power application device has the configuration that the multi-statement is carried out to the equal location. In order to attain the above-mentioned purpose similarly, invention according to claim 2 has the configuration that the frequency of high-frequency power belongs to the 30 to 300MHz VHF band, in the configuration of above-mentioned claim 1. In order to attain the above-mentioned purpose similarly, invention according to claim 3 In above-mentioned claim 1 or the configuration of 2 a power application device The RF generator which generates high-frequency power, and the turnout which branches the output of an RF generator in the number equivalent to the number of two or more electric power supply parts, It consists of an adjustment machine arranged on the supply line of the high-frequency power from an RF generator to a turnout, and a branching guided wave object which leads the high-frequency power which branched by the turnout to each of said electric power supply part. In order to attain the above-mentioned purpose similarly, invention according to claim 4 In above-mentioned claim 1 or the configuration of 2 a power application device The RF generator which generates high-frequency power, and the turnout which branches the output of an RF generator in the number of two or more electric power supply parts, It consists of a branching guided wave object which leads the high-frequency power which branched by this turnout to each of an electric power supply part, and an adjustment machine arranged, respectively on the supply line of high-frequency power with each branching guided wave object. In order to attain the above-mentioned purpose similarly, invention according to claim 5 is a member tabular in an electrode object in above-mentioned claims 1, 2, and 3 or the configuration of 4, and an electric power supply part has the configuration of being set up in the shape of axial symmetry to the line on the rear face which passes along the shape of central symmetry, and a core to the core of the rear face concerned in the field of the opposite side, with the front face which countered the rear face, i.e., plasma production space. In order to attain the above-mentioned purpose similarly, invention according to claim 6 consists of the skirt-board sections in which it was established as the periphery of the tabular body of an electrode and this body of an electrode to plasma production space extended towards the opposite side in above-mentioned claims 1, 2, and 3 or the configuration of 4 for the electrode object, and it has the configuration that said electric power supply part is set as this skirt-board section. In order to attain the above-mentioned purpose similarly, invention according to claim 7 has the configuration that the electric power supply part is set up in the shape of axial symmetry to the line which crosses at right angles to the shape of central symmetry, and a medial axis to the medial axis of the body of an electrode, in the configuration of above-mentioned claim 6. In order to attain the above-mentioned purpose similarly, invention according to claim 8 has a rectangle electrode object front face in above-mentioned claims 1, 2, 3, 4, 5, and 6 or the configuration of 7, and the substrate processed using the plasma has the configuration that it is a substrate for the object for liquid crystal displays, or solar batteries.

[0014]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained. In the following explanation, as an example of surface-preparation equipment, in case the TFT active-matrix mold LCD is manufactured, the equipment which creates a required amorphous silicon thin film is assumed. However, of course, there is no object of this invention what is limited to this kind of equipment.

[0015] Drawing 1 is a schematic diagram explaining the surface treatment equipment of the first example of the invention in this application, and drawing 2 is a strabism external view explaining the configuration of the turnout in the equipment of drawing 1, and a branching guided wave object. The surface treatment equipment shown in drawing 1 possesses the vacuum housing 1 equipped with the exhaust air system 11, the gas feed

system 2 for discharge which introduces the gas for discharge in a vacuum housing 1, the electrode object 3 arranged at the position in a vacuum housing 1, and the power application device 4 which impress high-frequency power to the electrode object 3, and the gas for discharge is made to discharge, and generates the plasma like the equipment of drawing 5 .

[0016] First, the substrate holder 5 with which the substrate 50 processed is laid in the position in a vacuum housing 1 is arranged. The substrate 50 processed is a rectangle magnitude [ about / 550mmx650mm ] glass substrate.

[0017] On the other hand, the electrode object 3 in this example is a tabular rectangle member corresponding to the configuration of a substrate 50. This tabular electrode object 3 is arranged in the vacuum housing 1 so that it may counter in parallel with the substrate holder 5. And the space across which it faced with the substrate holder 5 which counters, and the electrode object 3 is plasma production space, and the plasma is generated by this space. The electrode object 3 is the member of the rectangle of 500mm angle to 1m angle extent, or a square tabular in each side, and the whole thickness is about 60mm. However, since it flows near the front face of the electrode object 3, if the high frequency current has the magnitude which is equivalent to epidermis thickness (it is 20-30 micrometers with a VHF band) as thickness, it is electrically enough. As the quality of the material of the electrode object 3, stainless steel etc. is used in many cases. Such an electrode object 3 is attached in the container wall of a vacuum housing 1 through the insulating material 13. That is, as shown in drawing 1 , a vacuum housing 1 has opening into a container wall part on top, and the electrode object 3 is attached in the part of this opening through the insulating material 13. In addition, between the container wall of a vacuum housing 1, and an insulating material 13, and between the insulating material 13 and the electrode object 3, the vacuum seal of the non-illustrated seal member is arranged and carried out.

[0018] Next, the configuration of the power application device 4 in which predetermined high-frequency power is impressed to such an electrode object 3 is explained. The power application device 4 in this example consists of RF generator 41 which generates predetermined high-frequency power, a turnout 44 which branches the output of RF generator 41 to plurality, an adjustment machine 43 arranged on the supply line of the high-frequency power from RF generator 41 to a turnout 44, and a branching guided wave object 45 which leads the high-frequency power which branched by the turnout 44 to each of an electric power supply part.

[0019] First, what RF generator 41 in this example can make able to generate the high-frequency power of a 30-300MHz VHF band, and can generate the about 60-150MHz VHF wave which contains the same 144MHz as reference shown above is used suitably. The output power of RF generator 41 is about 500W.

[0020] With the equipment of this example, four electric power supply parts are set up and that to which the turnout 44 of the power application device 4 branches the output of above-mentioned RF generator 41 to four is used. This turnout 44 consists of a connection port 441 of the shape of a cylinder arranged in the center, and a branching port 442 of the four shape of a strip prolonged in a radial from this connection port 441, as shown in drawing 2 .

[0021] The connection port 441 is a part to which the guided wave object (un-[ in drawing 2 ] illustrating) which connects the adjustment machine 43 arranged at the upstream and a turnout 44 is connected. Four branching ports 442 are arranged so that it may extend in a radial at intervals of 90 degrees from this connection port 441. A non-illustrated guided wave object, connection of the connection port 441, and connection between the connection port 441 and the branching port 442 are made by the approach of welding, soldering, low attachment, or a screw stop. Moreover, both the quality of the materials of the connection port 441 and the branching port 442 are a metal or alloys, such as aluminum or copper. Moreover, in addition, the magnitude of the connection port 441 is about 30mm in the diameter of 30mm, and height. The branching port 442 is about 200mm in 1mm in width of face of 30mm, and thickness, and die length.

[0022] On the other hand, the branching guided wave object 45 in this example is a cylinder-like member as shown in drawing 2 . This branching guided wave object 45 is arranged with the perpendicular posture to the above-mentioned branching port 442. As the branching guided wave object 45 is shown in drawing 2 , a part for the point is connected to the back end of each branching port 442, and the lower limit part is connected to the rear face of the above-mentioned electrode object 3. The branching guided wave object 45 is formed from a metal or alloys, such as aluminum or copper, like the above-mentioned connection port 441 grade. As a dimension, it is about 100mm in the diameter of 20mm, and height. Connection between the branching guided wave object 45 and the branching port 442 and connection between the branching guided wave object 45 and

the electrode object 3 are similarly made by the approach of welding, soldering, low attachment, or a screw stop. In addition, in this example, since the branching guided wave object 45 is aluminum etc. and the electrode object 3 is stainless steel, it becomes connection of a dissimilar metal. Since welding of such a dissimilar metal is generally difficult, its configuration which forms a predetermined flange in the lower limit of the branching guided wave object 45, and carries out the screw stop of the flange to the rear face of the electrode object 3 is practical.

[0023] The electric power supply part in this example is set up from drawing 2 and the above-mentioned explanation in the shape of central symmetry to the core of the rear face of the electrode object 3 the \*\*\*\*\* passage. That is, it is set up on [ four ] each square top-most vertices centering on the core of the rear face of the electrode object 3. Specifically, as for the branching port 442 which the connection port 441 of the above-mentioned turnout 44 is arranged on the medial axis of the electrode object 3, separates it from the connection port 441 by a unit of 45 degrees, and extends in a radial, the same die-length thing is used altogether. The branching guided wave object 45 is perpendicularly prolonged caudad from the back end of the branching port 442, and is connected to the rear face of the electrode object 3. Therefore, four electric power supply parts become the location of each top-most vertices of the square which makes it twice [ about ] (about 400mm) the die length of the branching port 442 the diagonal line.

[0024] In addition, as for an electric power supply part, it is desirable to be set as the location which kept away from the medial axis of the electrode object 3 if possible. This is for, shortening the supply path of the high-frequency power to the plasma if possible, and making loss of high-frequency power small. That is, although it is necessary to make small loss of the high-frequency power in the part of the electrode object 3 in order to enlarge radio-frequency energy supplied to the plasma, a certain amount of loss is not avoided from the surface impedance of the electrode object 3. In this case, if the supply path of a part with a large impedance is shortened as much as possible, it will become possible to make loss of high-frequency power small.

[0025] On the other hand, in a configuration as shown in drawing 2, the high frequency current flows near the front face of a conductor. therefore, the high frequency current which flows from the branching guided wave object 45 -- the rear face of the electrode object 3 -- an edge -- going -- flowing -- an end face -- surroundings \*\*\*\* -- it is made like, and after flowing, it flows toward the center of a front face 31. Therefore, by, arranging the branching guided wave object 45 outside if possible, and making it an electric power supply part become a location near the edge of the electrode object 3, the above-mentioned electric power supply path can be shortened, and loss of the high-frequency power by the surface impedance of the electrode object 3 can be made small as much as possible by this.

[0026] In addition, the adjustment machine 43 is arranged on the supply line of the upstream of the above-mentioned turnout 44. Also including the guided wave object, the turnout 44, the branching guided wave object 45, and the electrode object 3 which are not illustrated [ which connects the adjustment machine 43 and a turnout 44 ], the adjustment machine 43 is adjusted so that the whole load of the downstream may become a predetermined impedance from the adjustment machine 43. The value of an impedance of changing according to the frequency of the high-frequency power to impress is natural. Moreover, a coaxial cable is adopted as the supply line of the high-frequency power from RF generator 41 to the adjustment machine 43. Rectangular waveguide etc. may be adopted if a frequency becomes high.

[0027] Next, the configuration of those other than power application device 4 is explained briefly. First, the gas feed system 2 for discharge which introduces the gas for the plasma production by gas discharge is explained. The gas feed system 2 for discharge consists of the chemical cylinder which is not illustrated [ which accumulated the gas for discharge ], a process line 21 which draws the gas for discharge in a chemical cylinder in a vacuum housing 1, a bulb 22 arranged on a process line 21, a non-illustrated massflow controller, etc.

[0028] As shown in drawing 1, the interior is hollow and the electrode object 3 of this example has many gas blowdown holes 32 in the front face 31. As shown in drawing 1, the connection 33 of the gas installation tubing 23 is formed in the rear face of the electrode object 3. The gas installation tubing 23 has the discontinuous construction which insulated by putting short tubing (un-illustrating) formed with insulating materials, such as an alumina, on the way, and is connected to the termination of the process line 21 of the gas feed system 2 for discharge. In addition, the gas blowdown hole 32 prepared in the front face 31 of the electrode object 3 is a small thing with a diameter of about 0.5mm, and is prepared at intervals of about 10-15mm. If the gas blowdown hole 32 becomes large, depending on the pressure in a vacuum housing 1, discharge may arise in the



inside part of the gas blowdown hole 32. Since there is a problem from which the surface impedance of the front face 31 of the electrode object 3 becomes an ununiformity, and a plasma consistency also becomes an ununiformity when such discharge arises, it is necessary to make it the magnitude which is extent which discharge does not produce. Although this magnitude is based also on the pressure in a vacuum housing 1, in the case of the pressure of 1Torr extent, it is about 1mm or less, for example.

[0029] In the gas feed system 2 for discharge concerning the above-mentioned configuration, the gas for discharge is supplied to the interior of the electrode object 3 via the gas installation tubing 23 from a process line 21. The supplied gas blows off from the gas blowdown hole 32, and arrives at front plasma production space. Thus, if gas is made to blow off from the gas blowdown hole 32 of a large number prepared in the front face 31 of the electrode object 3 and gas is supplied to plasma production space, distribution of the gas in plasma production space becomes homogeneity, and it can contribute to the uniform surface treatment to a substrate 50. In addition, as gas for discharge, although it changes with classes of surface treatment, when what is necessary is to perform only plasma production by discharge, inert gas, such as an argon, is adopted typically.

[0030] On the other hand, the exhaust air system 11 attached to the vacuum housing 1 is constituted so that it may have the vacuum pumps 111, such as an oil sealed rotary pump and a turbo molecular pump, for example, can exhaust to the ultimate-pressure force of 10-5Torr extent. In addition, a vacuum housing 1 is equipped with the gate valve 12 for receipts and payments of a substrate 50, and the conveyance system which is not illustrated for carrying out carrying-in taking out of the substrate 50 through a gate valve 12 is arranged.

[0031] Next, actuation of the equipment of this example concerning the above-mentioned configuration is explained. First, a non-illustrated conveyance system carries in a substrate 50 in a vacuum housing 1 through a gate valve 12, and arranges on the substrate holder 5. And the exhaust air system 11 operates, the inside of a vacuum housing 1 is exhausted to 10-5Torr extent, and the gas feed system 2 for afterdischarge introduces the gas for discharge.

[0032] Next, the above-mentioned power application device 4 operates. That is, with the coaxial cable which constitutes a supply line, the high frequency which RF generator 41 generated is led to the adjustment machine 43, and reaches a turnout 44 through the adjustment machine 43. And after branching to four by the turnout 44, it is impressed by the electrode object 3 through the branching guided wave object 45, respectively. The impressed high-frequency power turns around an end face from the rear face of the electrode object 3, and is supplied to a front face 31. The supplied high-frequency power makes the gas for discharge introduced into plasma production space ionize, and produces discharge, and the plasma is generated by this discharge. By this plasma, predetermined processing is performed to the front face of the substrate 50 on the substrate holder 5.

[0033] Under the present circumstances, since two or more electric power supply parts are equally set up as above-mentioned, while loss of the high-frequency power at the time of the front face 31 of the electrode object 3 being supplied becomes small, the plasma consistency of the plasma generated by high-frequency power becomes homogeneity. That is, as a result of carrying out the multi-statement of the electric power supply part, compared with the case where the number of the electric power supply paths to the front face 31 of the electrode object 3 is one, it becomes small, and the power loss resulting from a surface impedance is reduced. Moreover, since the electric power supply part is equal, the high-frequency power supplied from each electric power supply part is equally lost in each supply path to the front face 31 of the electrode object 3. Consequently, the RF supplied from each supply path is equally superimposed in the front face 31 of the electrode object 3, and it contributes to generating the uniform plasma. In addition, although there may be heterogeneity of a surface impedance for the irregularity of the front face of the electrode object 3, or dirt, since the electric power supply path itself is shorter than before, there are few problems of the heterogeneity of this surface impedance far compared with the former. Thus, since the homogeneity plasma is acquired, the processing to the front face of a substrate 50 will become uniform.

[0034] Moreover, the heterogeneity of the plasma consistency to which it comes from the relative relation between the wavelength of high-frequency power and the magnitude of the front face 31 of the electrode object 3 is produced when the front face 31 of the electrode object 3 becomes large about [ of the wavelength of high-frequency power ] from  $\lambda/4$ , as the part of a Prior art explained. When it expresses in a general form supposing the configuration of various electrode objects 3, a point to point distance of the two points of the arbitration on the periphery of the front face 31 of the electrode object 3 with the longest distance will call it the

configuration where the wavelength of high-frequency power is longer than about  $\lambda/4$ . When the electrode object 3 of such a configuration is used, the predominance of the configuration of this example which cancels the heterogeneity of a plasma consistency is demonstrated. That is, since high-frequency power is branched, and it supplies and is made to superimpose in the front face 31 of the electrode object 3, even if it is the case where a point to point distance of the two points of the arbitration on the periphery of the front face 31 of the electrode object 3 with the longest distance exceeds  $\lambda/4$ , the problem of the heterogeneity of a plasma consistency does not arise. Especially with the surface treatment equipment which processes a substrate 50 for LCD like the equipment of this example, there is an inclination which the electrode object 3 enlarges and the electrode object 3 which has the front face 31 exceeding  $\lambda/4$  of the wavelength of the above high-frequency power will be easy to be adopted. Therefore, the configuration of this example is suitable as equipment which processes such a substrate 50 for LCD.

[0035] Moreover, on the other hand, the standing wave generated in the supply path of high-frequency power becomes the cause of reducing effectiveness in order to consume the energy which is not supplied to the plasma. Therefore, the configuration which suppresses generating of a standing wave as much as possible is important. If it says with the equipment of this example, when any two arrangement spacing of four branching guided wave objects 45 is equivalent to one half of the wavelength of high-frequency power, for example and the high-frequency power of an inphase is impressed to the two, there is a possibility that a strong standing wave may occur between the connection parts of the two branching guided wave objects 45. Therefore, when it is in phase and supplies high-frequency power, it is important to constitute, as spacing of all branching guided wave object 45 comrades has separated enough from one half of the wavelength of high-frequency power. In addition, although the problem of the above-mentioned standing wave will be lost if high-frequency power is supplied to each branching guided wave object 45 with a different phase, supplying high-frequency power with a different phase carries out complicated [ of the configuration of a power feeder style ], and it has the fault which becomes high cost.

[0036] If the example of concrete surface treatment is explained, when creating an amorphous silicon thin film in the front face of a substrate 50, for example by CVD (vapor growth), the mixed gas of a silane and hydrogen is introduced as gas for discharge. And the flow rate of mixed gas is set as 1000sccm(s), the ambient pressure force is set as 1Torr, and high-frequency power with a frequency of 100MHz is impressed to the about [ 200W ] electrode object 3. A silane decomposes in the plasma of the mixed gas of a silane/hydrogen, and a predetermined amorphous silicon thin film accumulates on the front face of a substrate 50. In this example, the thickness and membraneous quality of an amorphous silicon to deposit will become uniform from the plasma uniform as mentioned above being generated. In addition, in the thin film creation processing to the above substrates 50 for LCD, forming silicon nitride etc. following membrane formation of an amorphous silicon, and carrying out the laminating of the thin film is performed frequently. In this case, the gas feed system 2 for discharge is constituted so that the gas for discharge required for each membrane formation can be alternatively introduced in a vacuum housing 1.

[0037] Next, the second example of the invention in this application is explained. Drawing 3 is a schematic diagram explaining the surface treatment equipment of the second example. The surface treatment equipment shown in drawing 3 possesses the vacuum housing 1 equipped with the exhaust air system 11, the gas feed system 2 for discharge which introduces the gas for discharge in a vacuum housing 1, the electrode object 3 arranged at the position in a vacuum housing 1, and the power application device 4 which impress high-frequency power to this electrode object 3, and the gas for discharge is made to discharge, and generates the plasma like the equipment of drawing 1. And the power application device 4 in this second example as well as the first example consists of RF generator 41 which generates predetermined high-frequency power, a turnout 44 which branches the output of RF generator 41 to plurality, an adjustment machine 43 arranged on the supply line of the high-frequency power from RF generator 41 to a turnout 44, and a branching guided wave object 45 which leads the high-frequency power which branched by the turnout 44 to each of said electric power supply part.

[0038] On the other hand, the configuration of the electrode object 3 differs from the first example greatly. The electrode object 3 in this example consists of the skirt-board sections 35 prepared as plasma space extended towards the opposite side from the periphery of the disc-like body 34 of an electrode, and this body 34 of an electrode. The skirt-board section 35 is the member of the shape of a circular ring which rounded off the strip-

like member in the shape of a periphery, and formed it, and it is installed in the periphery of the body 34 of an electrode so that the cross direction may become in the thickness direction of the body 34 of an electrode.

[0039] And two or more electric power supply parts are set as this skirt-board section 35. That is, four electric power supply parts are set up like the above-mentioned, and these four electric power supply parts are equally set as the external surface of the circular ring-like skirt-board section 35. That is, one fourth separates radii every and it is set up at equal intervals. Specifically, the termination of the branching guided wave object 45 is connected to the external surface of the skirt-board section 35 by the approach of welding, soldering, low attachment, or a screw stop.

[0040] Thus, if the skirt-board section 35 is formed in the periphery of the electrode object 3 and an electric power supply part is set as this skirt-board section 35, the supply path of high-frequency power of reaching the front face 31 of the electrode object 3 will be shortened further, and problems resulting from a surface impedance, such as loss and the heterogeneity of the plasma, will be reduced by being carried out. That is, as the first example explained, in order to shorten the electric power supply path to a front face 31, it is desirable to bring an electric power supply part to the location near a periphery as much as possible in the rear face of the electrode object 3. Although it will be said that it is optimal to set an electric power supply part as the peripheral surface of the electrode object 3 when this is pushed, in the case of the tabular electrode object 3, it is actually difficult to connect the branching guided wave object 45 to a peripheral surface. Then, like this example, the skirt-board section 35 is formed and the branching guided wave object 45 is connected to this skirt-board section 35.

[0041] In addition, of course, it is desirable to make the connection place of the branching guided wave object 45 into the location possible nearest to the front face 31 of the electrode object 3, i.e., the location possible nearest to the margo inferior of the skirt-board section 35, from the semantics which shortens an electric power supply path. Moreover, the distance  $d$  from an electric power supply part to the upper limb of the skirt-board section 35 is an important dimension at the point of preventing the inflow of the RF to the inside of the skirt-board section 35. That is, if distance  $d$  is set as  $1/4$  or  $1/2$  of wavelength, since a standing wave will be formed between an electric power supply part and the upper limb of the skirt-board section 35, the inflow of the RF to the inside of the skirt-board section 35 to which that it is crowded turns around an upper limb is controlled. [ of high-frequency power ] Since the RF which flows into an inside is energy consumed vainly, without contributing to plasma production, it is important to control this because of improvement in energy efficiency.

[0042] When you process the substrate 50 for LCD mentioned above as magnitude of the electrode object 3, let magnitude of the part of the body 34 of an electrode be the diameter of about 400mm. The configuration of the thickness of the body 34 of an electrode, surface treatment, and gas blowdown hole 32 grade can be constituted like the electrode object 3 of the first example mentioned above. The quality of the material, surface treatment, etc. of the skirt-board section 35 are constituted like the body 34 of an electrode. In addition, the configuration of the body 34 of an electrode does not need to be a disk, and the configuration of rectangles, such as a square and a rectangle, or others is sufficient as it. The uniform plasma is acquired like the first example and the equipment of this second example can also perform uniform surface treatment to a substrate 50. Since actuation of equipment, the example of a process, etc. are the same as that of the first example, explanation is omitted.

[0043] Next, the third example of the invention in this application is explained. Drawing 4 is a schematic diagram explaining the surface treatment equipment of the third example. The surface-treatment equipment shown in drawing 4 possesses the vacuum housing 1 equipped with the exhaust air system 11, the gas feed system 2 for discharge which introduces the gas for discharge in a vacuum housing 1, the electrode object 3 arranged at the position in a vacuum housing 1, and the power-application device 4 which impress high-frequency power to this electrode object 3, and the gas for discharge is made to discharge, and generates the plasma as well as each example mentioned above.

[0044] And the power application device 4 in this third example consists of RF generator 41 which generates predetermined high-frequency power, a turnout 44 which branches the output of RF generator 41 in the number of said two or more electric power supply parts, a branching guided wave object 45 which leads the high-frequency power which branched by the turnout 44 to each of said electric power supply part, and an adjustment machine 43 arranged, respectively on the supply line of high-frequency power with each branching guided wave object 45. That is, it differs from the second example for a start which was mentioned above at the point adjusted since high-frequency power is branched.

[0045] It can be used choosing from the branching port 442 in the first example mentioned above, a guided wave means like the branching guided wave object 45 or a commercial coaxial cable, etc. suitably as a branching guided wave object 45 of this example. Moreover, as a turnout 44, the same thing as the first example is employable. Thus, since high-frequency power is branched, if adjustment is taken, it will become possible to perform impedance matching according to an individual in each branched power supply line. For this reason, a difference of few impedances of each branching guided wave object 45 very thing, a difference of the impedance in a connection part with the electrode object 3, etc. can be compensated, and the optimal impedance matching can be attained. Since the configuration of other electrode object 3 grades, actuation of equipment, etc. are the same as that of the case of the first example, explanation is omitted.

[0046] Next, the setting location of two or more electric power supply parts which can be set to the invention in this application is explained additionally. In the invention in this application, two or more electric power supply parts are set up for making a plasma consistency equalize rather than the case of one electric power supply part needless to say. Therefore, it is the location where a plasma consistency becomes homogeneity in a field parallel to the front face 31 of the electrode object 3 compared with "the equal location" in claim 1 in the case of one electric power supply part. The example set up in the shape of central symmetry as an example of this location to the core of the rear face of the electrode object 3 which was mentioned above, or the medial axis of the body 34 of an electrode is adopted in each example mentioned above. This is a configuration which the configuration of the electrode object 3 or the body 34 of an electrode sets up two or more electric power supply parts in the shape of central symmetry, and makes equal each electric power supply path to the front face 31 of the electrode object 3 from a rectangle or a circular thing.

[0047] Moreover, when the configuration of electrode object 3 the very thing is not central symmetry-like or the member which makes a surface impedance an ununiformity is arranged by the circumference part, the homogeneity of a plasma consistency may not be attained only by saying [ "making it each electric power supply path to the front face 31 of the electrode object 3 become equal" ]. That is, the high-frequency power impressed, respectively arrives at the front face 31 of the electrode object 3 through the path used as the minimum impedance from an electric power supply part. Therefore, it may be necessary to set up the location of two or more electric power supply parts so that the minimum impedance of each electric power supply path may become equal.

[0048] Asking experimentally is also possible when it is difficult to perform such a setup on count. That is, a setup of two or more electric power supply parts is experimented by changing many things, and it asks for the location of two or more electric power supply parts where the most uniform plasma is generated experimentally. In addition, although measurement of plasma density distribution is possible, you may make it search for plasma density distribution indirectly from distribution of the progress condition of surface treatment over a substrate 50 by the probe method etc. Since distribution (for example, thin film rate-of-sedimentation distribution) of the progress condition of surface treatment is influenced also with parameters other than plasma density distribution (for example, temperature of the electrode object 3, flow of gas, etc.), parameters other than the location of an electric power supply part are made the same, and are made to conduct the above-mentioned experiment.

[0049] In the configuration of the first example mentioned above, although it was explained that the electrode object 3 consisted of a rectangle (a square or rectangle) or a tabular circular member, it may not be restricted to this, and may be tabular [ of the shape of a polygon of a triangle and others ], and tabular [ of other configurations ] is sufficient as it. Moreover, you may be configurations other than box-like or tabular [ of pillar-shaped \*\* ]. Moreover, when the electrode object 3 is tabular, it can express as an example of two or more electric power supply parts of the above "an equal location", saying "It arranges in the shape of axial symmetry to the segment on the rear face which passes along the core of the shape of central symmetry, and a rear face to the core of the rear face of the electrode object 3." In this case, with "a core on the back", if it becomes common, "the point that a line perpendicular to the rear face concerned and the rear face concerned cross through center-of-gravity point" when "electrode object is formed by the uniform consistency" can be considered.

[0050] Moreover, with the configuration of the second example, the part of the body 34 of an electrode explained to be disc-like can be considered almost like the electrode object 3 of the first example of the above. That is, the body 34 of an electrode may be tabular [ of the shape of a polygon of a triangle and others ], and

tabular [ of other configurations ] is sufficient as it. and -- as the example of "the equal location" of two or more electric power supply parts set as the skirt-board section 35 in this case -- "-- it can be expressed as axial symmetry-like" to the line which crosses at right angles to the shape of central symmetry, and a medial axis to the medial axis of the body 34 of an electrode. In addition, a line perpendicular to the plate surface (a front face or rear face) of the body 34 of an electrode can be considered with the "medial axis" in this case through the "core" in the same semantics as the above "a core on the back."

[0051] Furthermore, the equipment of the invention in this application can be used for surface treatment, such as creation of thin films other than an amorphous silicon, silicon nitride, etc. which were mentioned above, and etching of polish recon etc., scaling or surface nitriding, etc. For example, since uniform etching processing advances by the uniform plasma when the equipment of the invention in this application is applied to etching, good etching to which furring is not shaved or the ingredient for etching does not remain is attained. Moreover, the invention in this application demonstrates big effectiveness to the substrate 50 which the configuration of the invention in this application has in inclinations to enlarge, such as a wafer for LSI, and a silicon substrate for solar batteries. Furthermore, like [ in the case of using the RF of a VHF band ], even if a substrate 50 is not enlarged, when using the RF of short wavelength relatively to the magnitude of the electrode object 3, the invention in this application demonstrates big effectiveness.

[0052]

[Effect of the Invention] Since two or more electric power supply parts are set as an equal location according to the surface treatment equipment of claim 1 as explained above, distribution of the high-frequency power supplied to the front face of an electrode object becomes homogeneity, and, as a result, the uniform plasma is generated. By this, the uniform surface treatment to a substrate becomes possible. This effectiveness is remarkable when using the RF of short wavelength relatively, a large-sized substrate and. Moreover, according to the surface treatment equipment of claim 2, it becomes possible to perform uniform surface treatment, enjoying the merit which uses the RF of a VHF band in addition to the effectiveness of above-mentioned claim 1. Moreover, according to the surface treatment equipment of claim 3, since the RF generator and the adjustment machine are packed into one in addition to above-mentioned claim 1 or the effectiveness of 2, it is effective in the configuration of a power application device becoming simple and becoming cheap in cost. Moreover, since a RF is branched and consistency is made to have [ according to the surface treatment equipment of claim 4 ] in addition to above-mentioned claim 1 or the effectiveness of 2, the effectiveness of becoming possible to compensate a difference of the impedance of each branching guided wave object itself etc., and to attain the optimal impedance matching is acquired. Moreover, according to the surface treatment equipment of claim 5, the effectiveness of becoming the configuration optimal as equipment which processes the substrate of a regular polygon or the configuration approximated circularly in addition to above-mentioned claims 1, 2, and 3 or the effectiveness of 4 is acquired. Moreover, according to the surface treatment equipment of claim 6, since the electric power supply path to the front face of an electrode object is shortened further in addition to above-mentioned claims 1, 2, and 3 or the effectiveness of 4, the effectiveness that the problem resulting from the surface impedance of an electrode object can be reduced further is acquired. Moreover, according to the surface treatment equipment of claim 7, in addition to the effectiveness of above-mentioned claim 6, the inflow of the RF to the inside of the skirt-board section is controlled, and the effectiveness of becoming suitable equipment in respect of energy efficiency is acquired. Furthermore, according to the surface-preparation equipment of claim 8, it can obtain in above-mentioned claims 1, 2, 3, 4, 5, and 6 or the effectiveness of 7, and surface preparation to the substrate for liquid crystal displays can be performed.

---

[Translation done.]

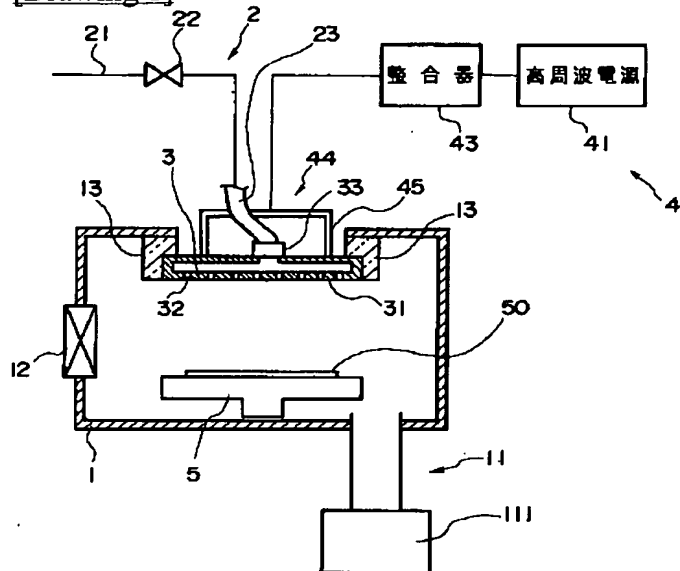
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

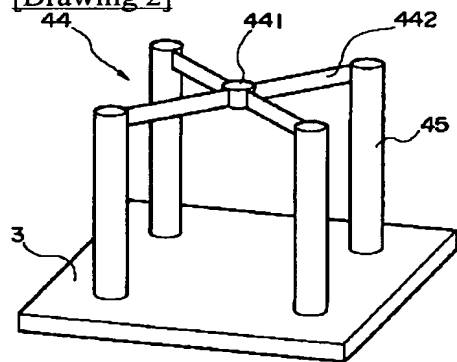
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

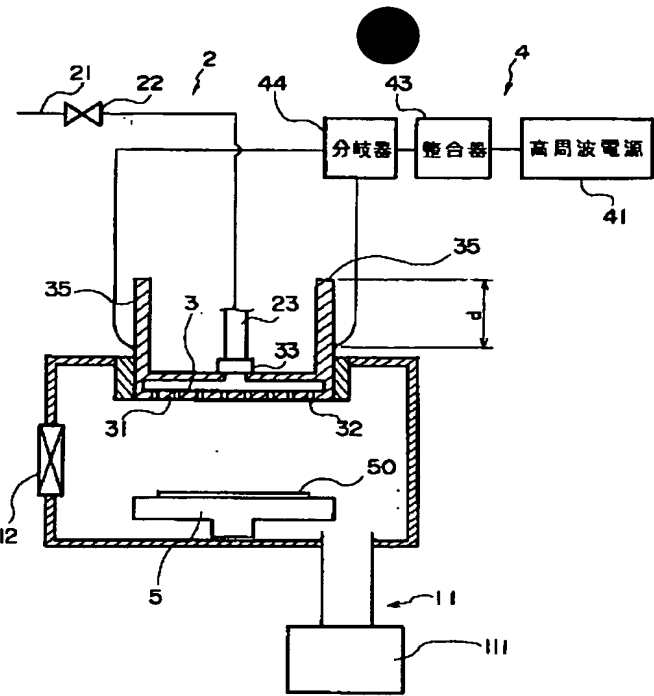
[Drawing 1]



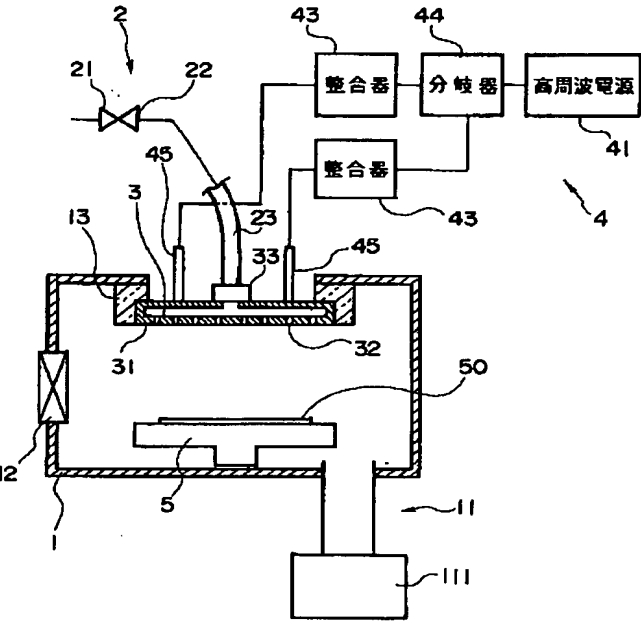
[Drawing 2]



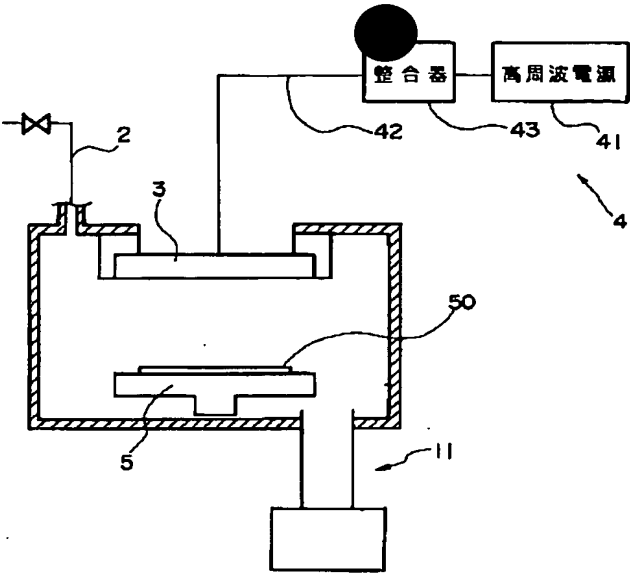
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]



特開平8-325759

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 12 月 10 日

|                                    |      |              |
|------------------------------------|------|--------------|
| (51) Int. Cl. <sup>6</sup>         | 識別記号 | F I          |
| C23F 4/00                          |      | C23F 4/00 A  |
| B01J 19/08                         |      | B01J 19/08 E |
| C23C 16/50                         |      | C23C 16/50   |
| H01L 21/205                        |      | H01L 21/205  |
| 21/3065                            |      | 21/31 B      |
| 審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全10頁) 最終頁に続く |      |              |

(21) 出願番号 特願平7-156968

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 5 月 30 日

(71) 出願人 000227294

アネルバ株式会社

東京都府中市四谷 5 丁目 8 番 1 号

(72) 発明者 中川 行人

東京都府中市四谷 5 丁目 8 番 1 号日電アネルバ株式会社内

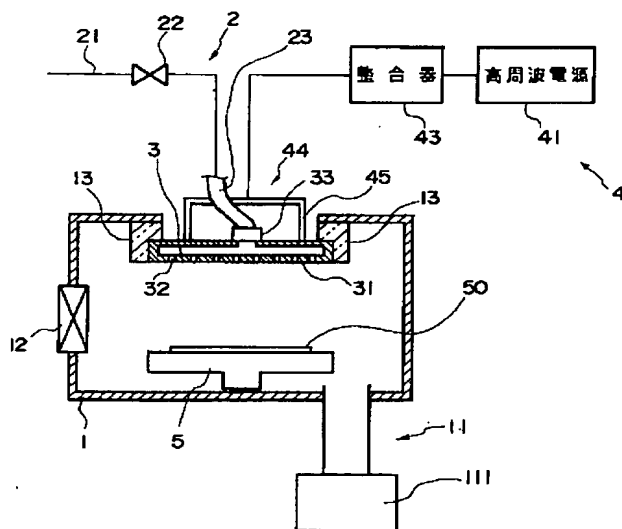
(74) 代理人 弁理士 保立 浩一

## (54) 【発明の名称】 表面処理装置

## (57) 【要約】

【目的】 大型の電極を使用する場合や高い周波数の高周波電力を使用する場合でも、プラズマ密度が不均一化することがなく、均一な表面処理が行えるようする。

【構成】 真空容器 1 内に配置された電極体 3 に複数の電力供給箇所 5 で高周波電力を印加し放電用ガスを放電させてプラズマを生成する。電極体 3 はプラズマを生成する空間に対向した表面の周縁上の任意の二点のうちの最も距離の長い二点間の距離が高周波電力の波長の四分の一よりも長い形状であり、かつ、電極体 3 への複数の電力供給箇所は例えば中心対称状のように均等な位置に設定される。電極体 3 の表面インピーダンスによる損失が小さくかつ損失が均一になり、高周波電力の波長の影響によるプラズマの不均一性も生じないので、高い密度の均一なプラズマを得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 排気系を備えた真空容器と、真空容器内に放電用ガスを導入する放電用ガス導入系と、真空容器内の所定の位置に配置された電極体と、この電極体に高周波電力を印加して放電用ガスを放電させてプラズマを生成する電力印加機構とを具備し、生成したプラズマを利用して基板の表面を処理する表面処理装置において、前記電極体は、その前面即ちプラズマを生成する空間に対向した表面の周縁上の任意の二点のうちの最も距離の長い二点間の距離が、前記高周波電力の波長の四分の一よりも長い形状であり、かつ、前記電力印加機構による電極体への電力供給箇所は均等な位置に複数設定されていることを特徴とする表面処理装置。

【請求項 2】 前記高周波電力の周波数は、30 から 300 MHz の VHF 帯に属していることを特徴とする請求項 1 記載の表面処理装置。

【請求項 3】 前記電力印加機構は、高周波電力を発生させる高周波電源と、高周波電源の出力を前記複数の電力供給箇所の数に相当する数に分岐させる分岐器と、高周波電源から分岐器への高周波電力の供給ライン上に配置された整合器と、分岐器で分岐された高周波電力を前記電力供給箇所の各々に導く分岐導波体とから構成されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の表面処理装置。

【請求項 4】 前記電力印加機構は、高周波電力を発生させる高周波電源と、高周波電源の出力を前記複数の電力供給箇所の数に分岐させる分岐器と、この分岐器で分岐された高周波電力を前記電力供給箇所の各々に導く分岐導波体と、各々の分岐導波体による高周波電力の供給ライン上にそれぞれ配置された整合器とから構成されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の表面処理装置。

【請求項 5】 前記電極体は板状の部材であり、前記電力供給箇所は、裏面すなわちプラズマを生成させる空間に対向した前面とは反対側の面において当該裏面の中心に対して中心対称状又は中心を通る裏面上の線に対して線対称状に設定されていることを特徴とする請求項 1, 2, 3 又は 4 記載の表面処理装置。

【請求項 6】 前記電極体は、板状の電極本体とこの電極本体の周縁からプラズマを生成させる空間とは反対側に向けて延びるようにして設けられたスカート部から構成されており、前記電力供給箇所は、このスカート部に設定されていることを特徴とする請求項 1, 2, 3, 又は 4 記載の表面処理装置。

【請求項 7】 前記電力供給箇所は、前記電極本体の中心軸に対して中心対称状又は中心軸に垂直に交わる線に対して線対称状に設定されていることを特徴とする請求項 6 記載の表面処理装置。

【請求項 8】 前記電極体は方形な前記前面を有し、プラズマを利用して処理される前記基板は液晶ディスプレ

イ用又は太陽電池用の基板であることを特徴とする請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6 及び 7 記載の表面処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本願の発明は、プラズマを利用して基板の表面に所定の処理を施す表面処理装置に関し、特に、高周波電力により生じさせた気体放電によってプラズマを生成するタイプの表面処理装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】基板の表面に各種処理を施すことは、LSI（大規模集積回路）、LCD（液晶ディスプレイ）、情報記録ディスク等の製作において盛んに行われている。表面処理の種類は、薄膜形成、エッチング、表面改質など多岐に亘るが、多くの場合、プラズマの物理的又は化学的作用を利用した表面処理が行われている。このような表面処理のためのプラズマ生成の方式には、いつかのタイプが存在するが、高密度プラズマを高効率で得る観点から、高周波電力により生じさせた気体放電を使用する方式が頻繁に採用されている。

【0003】図 5 は、このような高周波電力による気体放電を使用した従来の表面処理装置の構成を説明する概略図である。図 5 に示す表面処理装置は、排気系 11 を備えた真空容器 1 と、真空容器 1 内に放電用ガスを導入する放電用ガス導入系 2 と、真空容器 1 内の所定の位置に配置された電極体 3 と、この電極体 3 に高周波電力を印加して放電用ガスを放電させてプラズマを生成する電力印加機構 4 とを具備している。

【0004】電力印加機構 4 は、高周波を発生させる高周波電源 41 と、高周波電源 41 が発生させた高周波電力を真空容器 1 内の電極体 3 に導く導波体 42 と、導波体 42 上に配置された整合器 43 等から構成される。基板 50 は、多くの場合、プラズマが生成される空間（以下、プラズマ生成空と略称する）を挟んで電極体 3 に対向して配置された基板ホルダ 51 上に保持される。

【0005】図 5 の表面処理装置において、排気系 11 によって排気された真空容器 1 内に放電用ガス導入系 2 によって放電用ガスを導入するとともに、電力印加機構 4 によって電極体 3 に所定の高周波電力を印加する。導入された放電用ガスは電極体 3 に誘起された高周波の電界によって放電し、プラズマを生成する。そして、生成されたプラズマの物理的又は化学的作用によって、基板 5 の表面に所定の処理が施される。例えば放電用ガスとしてエッチング作用を有するガスを導入すれば、基板 5 の表面に所定のエッチング処理が行われることになる。尚、印加される高周波電力は、HF 帯に属する 13.56 MHz の周波数のものが採用されることが多い。また、ECR（電子サイクロトロン共鳴）を利用してプラズマを生成する装置では、2.54 GHz のマイクロ波が使用される場合もある。

## 【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】上記のような表面処理装置の一つの傾向として、処理される基板の大型化という点がある。これは、例えばLCD用の基板の場合、表示面積の大きなLCDを製作する必要から、基板が大型化する傾向がある。また、LSI用のウエハの分野でも、一枚のウエハから多くのデバイスを製作する要請上、ウエハサイズは大きくなる傾向にある。このように大型の基板の表面をプラズマによって処理する場合、基板の表面の大きさに対応した大きなプラズマ生成空間が必要になる。このことは、上記のような電極体を使用した表面処理装置では、基板の大型化に従って電極体も大きくしていかなければならないことを意味する。

【 0 0 0 7 】しかしながら、発明者の研究によると、上述のような高周波電力を使用した装置において電極体が大きくなると、高周波電力の波長に対する電極体の大きさの相対的な関係から、生成されるプラズマの分布が不均一になり易いことが判明した。即ち、電極体のプラズマ生成空間に対向した表面（以下、前面と称す）の大きさが、高周波電力の波長よりも充分小さい場合には、高周波電力の波長に起因するプラズマ密度の不均一性の問題は生じない。しかし、電極体の前面の大きさが高周波電力の波長の四分の一の長さ（以下、 $\lambda/4$ ）に近づくと、プラズマ密度の不均一性の問題が徐々に顕在化する。これは、電極体によってプラズマ生成空間に誘起される電界の強度が高周波電力の波長に応じた強弱の分布を有することに起因している。発明者の検討によると、電極体が大きくなり前面の大きさが $\lambda/4$ を越えてしまうと、上記従来装置の構成では実用上かなり問題となるプラズマ密度不均一性となってしまう。

【 0 0 0 8 】一方、アモルファスシリコン薄膜等を作成する表面処理の分野では、良質な薄膜を得るため、上述のようなHF帯の高周波ではなく、VHF帯の高周波の使用が提案されている（S. Oda, Plasma Sources Sci. Technol., 2

(1993) 26)。この提案によると、13.56MHzの場合と同じ大きさの電圧を144MHzの高周波で印加することによって成膜速度は13.56MHzの場合の約30倍となり、かつ膜中のSiH<sub>2</sub>結合の現象により膜質が向上し、さらにSiの微粒子の生成も防ぐことが可能であると報告されている。

【 0 0 0 9 】しかしながら、144MHz程度のVHF帯の高周波を使用すると、上記のようなプラズマ密度の不均一性の問題は避けられなくなる。即ち、例えばTF-Tアクティブマトリックス型LCDを製作する際のアモルファスシリコン薄膜の作成では、500mm×600mm程度の方板状の電極体が使用される。一方、144MHzの高周波電力の波長は2.1m程度となり、従って、 $\lambda/4$ は500mm程度となる。この数字は、前記電極体の前面の大きさにほぼ等しくなる。このた

め、上記文献で提案されているような144MHzの高周波を従来の装置に適用した場合には、前述のように不均一なプラズマが生成されてしまう。

【 0 0 1 0 】また一方、上記文献のようなVHF帯の高周波を使用したプラズマでは、表皮効果に起因した電極体の表面インピーダンスの問題も顕在化する。即ち、VHF帯のように周波数が高くなると、高周波電流は導体表面付近のみを流れるようになる。電流が流れる導体表面付近の領域の厚さ（以下、表皮厚み） $\delta$ は、 $\delta = \sqrt{\{2 / (\omega \mu_0 \sigma)\}}$ （但し、 $\omega$ ；角周波数、 $\mu_0$ ；透磁率、 $\sigma$ ；導電率）で与えられる。即ち、表皮厚み $\delta$ は、 $\omega$ （ $= 2\pi f$ ）の1/2乗に比例して小さくなるため、VHF波の場合、13.56MHzのHF波に比べると2/3～1/5程度となってしまう。

【 0 0 1 1 】このため、電極体の表面におけるジュール損が大きくなり、その結果、プラズマ生成全体の電力効率が低下するとともに、伝搬経路の長さの相違によるプラズマ密度の不均一化の問題も生じる。さらに、電極体の表面インピーダンスは、電極体の表面の荒さや汚れ等に左右され、一様な表面インピーダンスを達成することは困難である。それ故、この点でも従来の装置でのVHF波の使用は、プラズマ密度の不均一化をもたらすことになる。尚、上記のようなプラズマ密度の不均一化は、当然のことながら、基板に対する表面処理の不均一化をもたらす。

【 0 0 1 2 】本願発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、大型の電極を使用する場合や、又は、より高い周波数の高周波電力を使用したりする場合であっても、プラズマ密度が不均一化することがなく、基板に対する均一な表面処理が行えるような装置を提供することを目的としている。

## 【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本願の請求項1記載の発明は、排気系を備えた真空容器と、真空容器内に放電用ガスを導入する放電用ガス導入系と、真空容器内の所定の位置に配置された電極体と、この電極体に高周波電力を印加して放電用ガスを放電させてプラズマを生成する電力印加機構とを具備し、生成したプラズマを利用して基板の表面を処理する表面処理装置において、前記電極体は、その前面の周縁上の任意の二点のうちの最も距離の長い二点間の距離が、前記高周波電力の波長の四分の一よりも長い形状であり、かつ、前記電力印加機構による電極体への電力供給箇所は均等な位置に複数設定されているという構成を有する。同様に上記目的を達成するため、請求項2記載の発明は、上記請求項1の構成において、高周波電力の周波数は、30から300MHzのVHF帯に属しているという構成を有する。同様に上記目的を達成するため、請求項3記載の発明は、上記請求項1又は2の構成において、電力印加機構は、高周波電力を発生させる高周波電

源と、高周波電源の出力を複数の電力供給箇所の数に相当する数に分岐させる分岐器と、高周波電源から分岐器への高周波電力の供給ライン上に配置された整合器と、分岐器で分岐された高周波電力を前記電力供給箇所の各々に導く分岐導波体とから構成されている。同様に上記目的を達成するため、請求項 4 記載の発明は、上記請求項 1 又は 2 の構成において、電力印加機構は、高周波電力を発生させる高周波電源と、高周波電源の出力を複数の電力供給箇所の数に分岐させる分岐器と、この分岐器で分岐された高周波電力を電力供給箇所の各々に導く分岐導波体と、各々の分岐導波体による高周波電力の供給ライン上にそれぞれ配置された整合器とから構成されている。同様に上記目的を達成するため、請求項 5 記載の発明は、上記請求項 1, 2, 3 又は 4 の構成において、電極体は板状の部材であり、電力供給箇所は、裏面即ちプラズマ生成空間に対向した前面とは反対側の面において当該裏面の中心に対して中心対称状又は中心を通る裏面上の線に対して線対称状に設定されているという構成を有する。同様に上記目的を達成するため、請求項 6 記載の発明は、上記請求項 1, 2, 3 又は 4 の構成において、電極体は、板状の電極本体とこの電極本体の周縁からプラズマ生成空間とは反対側に向けて延びるようにして設けられたスカート部から構成されており、前記電力供給箇所は、このスカート部に設定されているという構成を有する。同様に上記目的を達成するため、請求項 7 記載の発明は、上記請求項 6 の構成において、電力供給箇所は、電極本体の中心軸に対して中心対称状又は中心軸に垂直に交わる線に対して線対称状に設定されているという構成を有する。同様に上記目的を達成するため、請求項 8 記載の発明は、上記請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6 又は 7 の構成において、電極体は方形な前面を有し、プラズマを利用して処理される基板は液晶ディスプレイ用又は太陽電池用の基板であるという構成を有する。

#### 【0014】

【実施例】以下、本願の発明の実施例を説明する。以下の説明では、表面処理装置の一例として、TF T アクティブマトリックス型 LCD を製作する際に必要なアモルファスシリコン薄膜を作成する装置が想定されている。但し、本願の発明の対象が、この種の装置に限定されるものではない。

【0015】図 1 は、本願発明の第一実施例の表面処理装置を説明する概略図であり、図 2 は、図 1 の装置における分岐器及び分岐導波体の構成を説明する斜視外観図である。図 1 に示す表面処理装置は、図 5 の装置と同様、排気系 11 を備えた真空容器 1 と、真空容器 1 内に放電用ガスを導入する放電用ガス導入系 2 と、真空容器 1 内の所定の位置に配置された電極体 3 と、電極体 3 に高周波電力を印加して放電用ガスを放電させてプラズマを生成する電力印加機構 4 とを具備している。

【0016】まず、真空容器 1 内の所定の位置には、処理される基板 50 が載置される基板ホルダ 5 が配置されている。処理される基板 50 は、550mm×650mm 程度の大きさの方形なガラス基板である。

【0017】一方、本実施例における電極体 3 は、基板 50 の形状に対応した方形な板状の部材である。この板状の電極体 3 は、基板ホルダ 5 に平行に対向するように真空容器 1 内に配置されている。そして、対向する基板ホルダ 5 と電極体 3 によって挟まれた空間がプラズマ生成空間であり、この空間にプラズマが生成される。電極体 3 は、各辺が 500mm 角から 1m 角程度の長方形又は正方形の板状の部材であり、全体の厚さは 60mm 程度である。但し、高周波電流は電極体 3 の表面付近のみを流れるので、厚さとしては表皮厚み (VHF 帯で 20~30μm) に相当する大きさがあれば電氣的には充分である。電極体 3 の材質としては、ステンレス鋼等が使用されることが多い。このような電極体 3 は、絶縁物 13 を介して真空容器 1 の器壁に取り付けられている。即ち、図 1 に示すように真空容器 1 は上面の器壁部分に開口を有し、この開口の部分に絶縁物 13 を介して電極体 3 が取り付けられている。尚、真空容器 1 の器壁と絶縁物 13 の間及び絶縁物 13 と電極体 3 との間には不図示のシール部材が配設され、真空シールされている。

【0018】次に、このような電極体 3 に所定の高周波電力を印加する電力印加機構 4 の構成について説明する。本実施例における電力印加機構 4 は、所定の高周波電力を発生させる高周波電源 41 と、高周波電源 41 の出力を複数の分岐させる分岐器 44 と、高周波電源 41 から分岐器 44 への高周波電力の供給ライン上に配置された整合器 43 と、分岐器 44 で分岐された高周波電力を電力供給箇所の各々に導く分岐導波体 45 とから構成されている。

【0019】まず、本実施例における高周波電源 41 は、30~300MHz の VHF 帯の高周波電力を発生させるものであり、例えば前掲の文献と同様の 144MHz を含む 60~150MHz 程度の VHF 波を発生可能なものが好適に使用される。高周波電源 41 の出力電力は、例えば 500W 程度である。

【0020】本実施例の装置では四つの電力供給箇所が設定されており、電力印加機構 4 の分岐器 44 は、上記高周波電源 41 の出力を四つに分岐するものが使用されている。この分岐器 44 は、図 2 に示すように、中央に配置された円柱状の接続ポート 441 と、この接続ポート 441 から放射状に延びる四本の帯板状の分岐ポート 442 とから構成されている。

【0021】接続ポート 441 は、上流側に配置された整合器 43 と分岐器 44 とを繋ぐ導波体 (図 2 中不図示) が接続される部分である。四本の分岐ポート 442 は、この接続ポート 441 から 90 度間隔で放射状に延びるように配置されている。不図示の導波体と接続ポー

ト 4 4 1 の接続及び接続ポート 4 4 1 と分岐ポート 4 4 2 との接続は、溶接、半田付け、ロー付け又はネジ止めなどの方法により行われる。また、接続ポート 4 4 1 及び分岐ポート 4 4 2 の材質は、ともにアルミニウム又は銅等の金属又は合金である。また尚、接続ポート 4 4 1 の大きさは、直径 3 0 mm、高さ 3 0 mm 程度である。分岐ポート 4 4 2 は、幅 3 0 mm、厚さ 1 mm、長さ 2 0 0 mm 程度である。

【 0 0 2 2 】一方、本実施例における分岐導波体 4 5 は、図 2 に示すように円柱状の部材である。この分岐導波体 4 5 は、上記分岐ポート 4 4 2 に対して垂直な姿勢で配置されている。分岐導波体 4 5 は、図 2 に示すように、その先端部分が各々の分岐ポート 4 4 2 の後端に接続され、下端部分が上記電極体 3 の裏面に接続されている。分岐導波体 4 5 は、上記接続ポート 4 4 1 等と同様にアルミニウム又は銅等の金属又は合金から形成されている。寸法としては、直径 2 0 mm、高さ 1 0 0 mm 程度である。分岐導波体 4 5 と分岐ポート 4 4 2 との接続及び分岐導波体 4 5 と電極体 3 との接続は、同様に、溶接、半田付け、ロー付け又はネジ止め等の方法により行われる。尚、本実施例では分岐導波体 4 5 がアルミニウム等であって電極体 3 がステンレスであることから、異種金属の接続となる。このような異種金属の溶接は一般に困難であるから、分岐導波体 4 5 の下端に所定のフランジ部を形成して、そのフランジ部を電極体 3 の裏面に対してネジ止めする構成が実用的である。

【 0 0 2 3 】図 2 及び上記説明から明かな通り、本実施例における電力供給箇所は、電極体 3 の裏面の中心に対して中心対称状に設定されている。即ち、電極体 3 の裏面の中心を中心として正方形の各頂点上に四つ設定されている。具体的には、上記分岐器 4 4 の接続ポート 4 4 1 は電極体 3 の中心軸上に配置され、接続ポート 4 4 1 から 4 5 度ずつ隔てて放射状に延びる分岐ポート 4 4 2 は全て同じ長さものが使用されている。分岐導波体 4 5 は分岐ポート 4 4 2 の後端から垂直に下方に延び、電極体 3 の裏面に接続されている。従って、四つの電力供給箇所は、分岐ポート 4 4 2 の長さのほぼ 2 倍（4 0 0 mm 程度）を対角線とする正方形の各頂点の位置になる。

【 0 0 2 4 】尚、電力供給箇所は、電極体 3 の中心軸からなるべく遠ざかった位置に設定されることが好ましい。これは、プラズマへの高周波電力の供給経路をなるべく短くして高周波電力の損失を小さくするためである。即ち、プラズマに供給される高周波エネルギーを大きくするためには、電極体 3 の部分での高周波電力の損失を小さくする必要があるが、電極体 3 の表面インピーダンスから、ある程度の損失は避けられない。この場合、インピーダンスの大きい部分の供給経路をできるだけ短くすれば、高周波電力の損失を小さくすることが可能となる。

【 0 0 2 5 】一方、図 2 に示すような構成の場合、高周

波電流は、導体の表面付近のみを流れる。従って、分岐導波体 4 5 から流入する高周波電流は電極体 3 の裏面を端部に向かって流れ、端面を周り込むようにして流れてから、前面 3 1 の中央に向かって流れる。従って、分岐導波体 4 5 をなるべく外側に配置して電力供給箇所が電極体 3 の端部に近い位置になるようにすることで、上記電力供給経路を短くすることができ、これによって電極体 3 の表面インピーダンスによる高周波電力の損失を極力小さくすることができる。

【 0 0 2 6 】なお、上記の分岐器 4 4 の上流側の供給ライン上には、整合器 4 3 が配置される。整合器 4 3 は、整合器 4 3 と分岐器 4 4 とを繋ぐ不図示の導波体、分岐器 4 4、分岐導波体 4 5 及び電極体 3 も含めて、整合器 4 3 から下流側の負荷全体が所定のインピーダンスになるよう調整するものである。インピーダンスの値は、印加する高周波電力の周波数に応じて変化するのとは勿論である。また、高周波電源 4 1 から整合器 4 3 への高周波電力の供給ラインには同軸ケーブルが採用される。周波数が高くなると、矩形導波管等が採用される場合もある。

【 0 0 2 7 】次に、電力印加機構 4 以外の構成について、簡単に説明する。まず、気体放電によるプラズマ生成のためのガスを導入する放電用ガス導入系 2 について説明する。放電用ガス導入系 2 は、放電用ガスを溜めた不図示のガスボンベと、ガスボンベ内の放電用ガスを真空容器 1 内に導く主配管 2 1 と、主配管 2 1 上に配置されたバルブ 2 2 や不図示のマスフローコントローラ等から構成されている。

【 0 0 2 8 】図 1 に示すように、本実施例の電極体 3 は、内部が中空であり、前面 3 1 にガス吹き出し孔 3 2 を多数有している。図 1 に示すように、電極体 3 の裏面には、ガス導入管 2 3 の接続部 3 3 が形成されている。ガス導入管 2 3 は、アルミナ等の絶縁物で形成された短い管（不図示）を途中で挟み込むことにより絶縁した絶縁構造を有し、放電用ガス導入系 2 の主配管 2 1 の終端に接続される。尚、電極体 3 の前面 3 1 に設けられたガス吹き出し孔 3 2 は、直径 0. 5 mm 程度の小さなものであり、1 0 ~ 1 5 mm 程度の間隔で設けられている。ガス吹き出し孔 3 2 が大きくなると、真空容器 1 内の圧力によってはガス吹き出し孔 3 2 の内側部分で放電が生じてしまう場合がある。このような放電が生じると、電極体 3 の前面 3 1 の表面インピーダンスが不均一になってプラズマ密度も不均一になる問題があるので、放電が生じない程度の大きさにする必要がある。この大きさは、真空容器 1 内の圧力にもよるが、例えば 1 T o r r 程度の圧力の場合、1 mm 程度以下である。

【 0 0 2 9 】上記構成にかかる放電用ガス導入系 2 では、主配管 2 1 からガス導入管 2 3 を経由して電極体 3 の内部に放電用ガスが供給される。供給されたガスは、ガス吹き出し孔 3 2 から吹き出して、前方のプラズマ生

成空間に達するようになっている。このように電極体 3 の前面 3 1 に設けられた多数のガス吹き出し孔 3 2 からガスを吹き出させてプラズマ生成空間にガスを供給するようにすると、プラズマ生成空間におけるガスの分布が均一になり、基板 5 0 に対する均一な表面処理に寄与できる。尚、放電用ガスとしては、表面処理の種類によって異なるが、放電によるプラズマ生成のみを行えば良い場合、典型的にはアルゴン等の不活性ガスが採用される。

【0030】一方、真空容器 1 に付設された排気系 1 1 は、油回転ポンプやターボ分子ポンプ等の真空ポンプ 1 1 1 を備えて例えば  $10^{-5}$  Torr 程度の到達圧力まで排気できるよう構成される。その他、真空容器 1 は基板 5 0 の出入り用のゲートバルブ 1 2 を備え、ゲートバルブ 1 2 を通して基板 5 0 を搬入搬出するための不図示の搬送系が配設されている。

【0031】次に、上記構成に係る本実施例の装置の動作を説明する。まず、不図示の搬送系が基板 5 0 をゲートバルブ 1 2 を通して真空容器 1 内に搬入し、基板ホルダ 5 上に配置する。そして、排気系 1 1 が動作して真空容器 1 内を  $10^{-5}$  Torr 程度まで排気し、その後放電用ガス導入系 2 が放電用ガスを導入する。

【0032】次に、上記電力印加機構 4 が動作する。即ち、高周波電源 4 1 が発生させた高周波は、供給ラインを構成する同軸ケーブルによって整合器 4 3 に導かれ、整合器 4 3 を通って分岐器 4 4 に達する。そして、分岐器 4 4 で四つに分岐された後、分岐導波体 4 5 を経て電極体 3 にそれぞれ印加される。印加された高周波電力は、電極体 3 の裏面から端面をまわって前面 3 1 に供給される。供給された高周波電力は、プラズマ生成空間に導入された放電用ガスを電離させて放電を生じさせ、この放電によってプラズマが生成される。このプラズマによって、基板ホルダ 5 上の基板 5 0 の表面に所定の処理が施される。

【0033】この際、前述の通り、複数の電力供給箇所が均等に設定されているので、電極体 3 の前面 3 1 に供給される際の高周波電力の損失が小さくなるとともに、高周波電力によって生成されるプラズマのプラズマ密度が均一になる。即ち、電力供給箇所を複数設定した結果、電極体 3 の前面 3 1 への電力供給経路が一つの場合に比べて小さくなり、表面インピーダンスに起因した電力損失が低減される。また電力供給箇所が均等であることから、各々の電力供給箇所から供給される高周波電力は、電極体 3 の前面 3 1 へのそれぞれの供給経路において均等に損失する。その結果、各々の供給経路から供給された高周波は、電極体 3 の前面 3 1 において均等に重畳し、均一なプラズマを生成するのに貢献する。尚、電極体 3 の表面の凹凸や汚れのため、表面インピーダンスの不均一性はあり得るが、電力供給経路自体が従来より短くなっているため、この表面インピーダンスの不均一

性の問題は従来に比べ遥かに少ない。このように均一プラズマが得られることから、基板 5 0 の表面への処理は均一なものとなる。

【0034】また、高周波電力の波長と電極体 3 の前面 3 1 の大きさの相対的な関係からくるプラズマ密度の不均一性は、従来の技術の部分で説明したように、高周波電力の波長の  $\lambda/4$  程度よりも電極体 3 の前面 3 1 が大きくなった場合に生じる。色々な電極体 3 の形状を想定して一般的な形で表現すると、電極体 3 の前面 3 1 の周縁上の任意の二点のうちの最も距離の長い二点間の距離が高周波電力の波長の  $\lambda/4$  程度よりも長い形状ということになる。このような形状の電極体 3 を使用した場合、プラズマ密度の不均一性を解消する本実施例の構成の優位性が発揮される。即ち、高周波電力を分岐させて供給し電極体 3 の前面 3 1 で重畳させているので、電極体 3 の前面 3 1 の周縁上の任意の二点のうちの最も距離の長い二点間の距離が  $\lambda/4$  を越える場合であってもプラズマ密度の不均一性の問題が生じない。特に、本実施例の装置のような LCD 用の基板 5 0 を処理する表面処理装置では、電極体 3 が大型化する傾向があり、上記のような高周波電力の波長の  $\lambda/4$  を越える前面 3 1 を有する電極体 3 を採用することになり易い。従って、本実施例の構成は、このような LCD 用の基板 5 0 を処理する装置として好適なものである。

【0035】また一方、高周波電力の供給経路において発生する定在波は、プラズマに供給されないエネルギーを消費するため、効率を低下させる原因となる。従って、定在波の発生を極力抑える構成が肝要である。本実施例の装置でいうと、例えば四本の分岐導波体 4 5 のいずれか二本の配置間隔が高周波電力の波長の  $1/2$  に相当しており、その二本に同相の高周波電力が印加されている場合、その二本の分岐導波体 4 5 の接続部分の間で強い定在波が発生する恐れがある。従って、高周波電力を同相で供給する場合、すべての分岐導波体 4 5 同士の間隔が高周波電力の波長の  $1/2$  から充分外れているよう構成することが肝要である。尚、高周波電力を異なる位相でそれぞれの分岐導波体 4 5 に供給するようにすれば上記定在波の問題は無くなるが、異なる位相で高周波電力を供給するようにすることは電力供給機構の構成を複雑し、高コストになる欠点がある。

【0036】具体的な表面処理の例について説明すると、例えば CVD (気相成長) によって基板 5 0 の表面にアモルファスシリコン薄膜を作成する場合、放電用ガスとしてシラン及び水素の混合ガスを導入する。そして、混合ガスの流量を  $1000 \text{ sccm}$ 、雰囲気圧力を  $1 \text{ Torr}$  に設定し、周波数  $100 \text{ MHz}$  の高周波電力を  $200 \text{ W}$  程度電極体 3 に印加する。シラン/水素の混合ガスのプラズマ中でシランが分解し、所定のアモルファスシリコン薄膜が基板 5 0 の表面上に堆積する。本実施例では、上述のように均一なプラズマが生成されるこ

とから、堆積するアモルファスシリコンの膜厚や膜質が均一なものとなる。尚、上述のようなLCD用の基板50に対する薄膜作成処理では、アモルファスシリコンの成膜に続いてシリコンナイトライド等の成膜を行って薄膜を積層することが頻繁に行われる。この場合には、放電用ガス導入系2は、それぞれの成膜に必要な放電用ガスを選択的に真空容器1内に導入できるよう構成される。

【0037】次に、本願発明の第二実施例について説明する。図3は、第二実施例の表面処理装置を説明する概略図である。図3に示す表面処理装置は、図1の装置と同様、排気系11を備えた真空容器1と、真空容器1内に放電用ガスを導入する放電用ガス導入系2と、真空容器1内の所定の位置に配置された電極体3と、この電極体3に高周波電力を印加して放電用ガスを放電させてプラズマを生成する電力印加機構4とを具備している。そして、この第二実施例における電力印加機構4も、第一実施例と同様、所定の高周波電力を発生させる高周波電源41と、高周波電源41の出力を複数に分岐させる分岐器44と、高周波電源41から分岐器44への高周波電力の供給ライン上に配置された整合器43と、分岐器44で分岐された高周波電力を前記電力供給箇所の各々に導く分岐導波体45とから構成されている。

【0038】一方、電極体3の構成は、第一実施例とは大きく異なっている。この実施例における電極体3は、円板状の電極本体34とこの電極本体34の周縁からプラズマ空間とは反対側に向けて延びるようにして設けられたスカート部35から構成されている。スカート部35は、帯板状の部材を円周状に丸めて形成した円環状の部材であり、その幅方向が電極本体34の厚さ方向になるように電極本体34の周縁に延設されている。

【0039】そして、このスカート部35に、複数の電力供給箇所が設定されている。即ち、前述と同様に例えば四つの電力供給箇所が設定され、この四つの電力供給箇所は、円環状のスカート部35の外面に均等に設定されている。即ち、 $1/4$ の円弧ずつ隔てて等間隔に設定されている。具体的には、分岐導波体45の終端が、溶接、半田付け、ロー付け又はネジ止め等の方法によりスカート部35の外面に接続されている。

【0040】このように電極体3の周縁にスカート部35を設け、このスカート部35に電力供給箇所を設定すると、電極体3の前面31に至る高周波電力の供給経路がさらに短縮され、表面インピーダンスに起因した損失やプラズマの不均一性等の問題がされに低減される。つまり、第一実施例で説明したように、前面31への電力供給経路を短縮するには、電力供給箇所を電極体3の裏面においてできるだけ周縁に近い位置にもってこることが好ましい。これを押し進めると、電極体3の周面に電力供給箇所を設定することが最適ということになるが、板状の電極体3の場合、周面に分岐導波体45を接続す

ることは現実的に困難である。そこで、この実施例のように、スカート部35を設けてこのスカート部35に分岐導波体45を接続するようにするのである。

【0041】尚、電力供給経路を短くする意味から、分岐導波体45の接続箇所は、電極体3の前面31に可能な限り近い位置即ちスカート部35の下縁に可能な限り近い位置とすることが好ましいのは勿論である。また、電力供給箇所からスカート部35の上縁までの距離dは、スカート部35の内面への高周波の流入を防止する点で重要な寸法である。即ち、距離dを高周波電力の波長の $1/4$ 又は $1/2$ に設定しておく、電力供給箇所とスカート部35の上縁との間で定在波が形成されるので、上縁を回り込んでのスカート部35の内面への高周波の流入が抑制される。内面に流入する高周波はプラズマ生成には寄与せずに無駄に消費されるエネルギーであるので、これを抑制することは、エネルギー効率の向上のため重要である。

【0042】電極体3の大きさとしては、前述したLCD用の基板50を処理する場合、電極本体34の部分の大きさが例えば直径400mm程度とされる。電極本体34の厚さ、表面処理、ガス吹き出し孔32等の構成は、前述した第一実施例の電極体3と同様に構成できる。スカート部35の材質や表面処理等も、電極本体34と同様に構成される。尚、電極本体34の形状は円板でなくともよく、正方形や長方形等の方形やその他の形状でもよい。この第二実施例の装置も、第一実施例と同様に均一なプラズマを得て均一な表面処理を基板50に施すことが可能である。装置の動作やプロセスの例等は、第一実施例と同様なので説明を省略する。

【0043】次に、本願発明の第三実施例について説明する。図4は、第三実施例の表面処理装置を説明する概略図である。図4に示す表面処理装置は、前述した各実施例と同様、排気系11を備えた真空容器1と、真空容器1内に放電用ガスを導入する放電用ガス導入系2と、真空容器1内の所定の位置に配置された電極体3と、この電極体3に高周波電力を印加して放電用ガスを放電させてプラズマを生成する電力印加機構4とを具備している。

【0044】そして、この第三実施例における電力印加機構4は、所定の高周波電力を発生させる高周波電源41と、高周波電源41の出力を前記複数の電力供給箇所の数に分岐させる分岐器44と、分岐器44で分岐された高周波電力を前記電力供給箇所の各々に導く分岐導波体45と、各々の分岐導波体45による高周波電力の供給ライン上にそれぞれ配置された整合器43とから構成されている。即ち、高周波電力を分岐させてから整合させる点で、前述した第一第二実施例と異なっている。

【0045】この実施例の分岐導波体45としては、前述した第一実施例における分岐ポート442や分岐導波体45のような導波手段又は市販の同軸ケーブル等から



適宜選択して使用することができる。また、分岐器 4 4 としては、第一実施例と同様なものを採用できる。このように、高周波電力を分岐させてから整合を取るようにすると、分岐させた各々の電力供給ラインにおいて個別にインピーダンス整合を行うことが可能となる。このため、各々の分岐導波体 4 5 自体の僅かなインピーダンスの相違や電極体 3 との接続部分におけるインピーダンスの相違等を補償して、最適なインピーダンス整合を達成することができる。その他の電極体 3 等の構成及び装置の動作等は、第一実施例の場合と同様なので説明を省略する。

【0046】次に、本願発明における複数の電力供給箇所の設定位置について補足的に説明する。本願発明において複数の電力供給箇所を設定するのは、いうまでもなく一つの電力供給箇所の場合よりもプラズマ密度を均一化させるためである。従って、請求項 1 における「均等な位置に」とは、一つの電力供給箇所の場合に比べてプラズマ密度が電極体 3 の前面 3 1 に平行な面内で均一になるような位置ということである。この位置の例として、前述したような電極体 3 の裏面の中心又は電極本体 3 4 の中心軸に対して中心対称状に設定する例が、前述した各実施例では採用されている。これは、電極体 3 又は電極本体 3 4 の形状が方形又は円形であることから、複数の電力供給箇所を中心対称状に設定して電極体 3 の前面 3 1 へのそれぞれの電力供給経路を等しくする構成である。

【0047】また、電極体 3 自体の形状が中心対称状でなかったり、周辺部分に表面インピーダンスを不均一にする部材が配設されていたりする場合は、「電極体 3 の前面 3 1 へのそれぞれの電力供給経路が等しくなるようにする」というだけでは、プラズマ密度の均一性が達成されない場合もあり得る。つまり、電力供給箇所からそれぞれ印加される高周波電力は、最小インピーダンスとなる経路を通過して電極体 3 の前面 3 1 に達する。従って、各々の電力供給経路の最小インピーダンスが等しくなるように複数の電力供給箇所の位置を設定することが必要になる場合もある。

【0048】このような設定を計算上行うことが難しい場合、実験的に求めることも可能である。即ち、複数の電力供給箇所の設定を色々変えて実験を行い、最も均一なプラズマが生成される複数の電力供給箇所の位置を、実験的に求めていくようにするのである。尚、プラズマ密度分布の測定はプローブ法等によって可能であるが、基板 5 0 に対する表面処理の進み具合の分布からプラズマ密度分布を間接的に求めるようにしても良い。表面処理の進み具合の分布（例えば、薄膜堆積速度分布）は、プラズマ密度分布以外のパラメータ（例えば、電極体 3 の温度やガスの流れ等）によっても影響を受けるので、電力供給箇所の位置以外のパラメータは同一にして上記実験を行うようにする。

【0049】上述した第一実施例の構成において、電極体 3 は、方形（正方形もしくは長方形）又は円形の板状の部材からなるとして説明したが、これに限られるものではなく、三角形その他の多角形状の板状であっても良いし、その他の形状の板状でも良い。また、箱状や柱状等の板状以外の形状であっても良い。また、電極体 3 が板状である場合、上記「均等な位置」の複数の電力供給箇所の例としては、「電極体 3 の裏面の中心に対して中心対称状又は裏面の中心を通る裏面上の線分に対して線対称状に配置する」と表現することができる。この場合、「裏面の中心」とは、一般化すれば、「『電極体が均一な密度で形成された場合の重心点』を通り当該裏面に垂直な線と当該裏面とが交わる点」と考えることができる。

【0050】また、第二実施例の構成では、円板状と説明した電極本体 3 4 の部分について上記第一実施例の電極体 3 とほぼ同様に考えることができる。即ち、電極本体 3 4 は、三角形その他の多角形状の板状であっても良いし、その他の形状の板状でも良い。そして、この場合、スカート部 3 5 に設定される複数の電力供給箇所の「均等な位置」の例としては、「電極本体 3 4 の中心軸に対して中心対称状又は中心軸に垂直に交わる線に対して線対称状」と表現することができる。尚、この場合の「中心軸」とは、上記「裏面の中心」と同様の意味での「中心」を通り電極本体 3 4 の板面（表面又は裏面）に垂直な線と考えることができる。

【0051】さらに、本願発明の装置は、前述したアモルファスシリコンやシリコンナイトライド等以外の薄膜の作成や、ポリシリコン等のエッチング、表面酸化又は表面窒化等の表面改質等にも使用することが可能である。例えば、本願発明の装置をエッチングに適用した場合、均一なプラズマによって均一なエッチング処理が進行するので、下地材料を削ってしまったりエッチング対象材料が残留してしまったりすることがない良質なエッチングが可能となる。また、本願発明の構成は、LSI 用のウエハや太陽電池用のシリコン基板等のような大型化する傾向にある基板 5 0 に対して、本願発明は大きな効果を発揮する。さらに、基板 5 0 が大型化しなくても、VHF 帯の高周波を使用する場合のように、電極体 3 の大きさに対して相対的に短い波長の高周波を使用する場合に、本願発明は大きな効果を発揮する。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 の表面処理装置によれば、複数の電力供給箇所が均等な位置に設定されるので、電極体の前面に供給される高周波電力の分布が均一になり、この結果均一なプラズマが生成される。これによって、基板に対する均一な表面処理が可能となる。この効果は、大型の基板や相対的に短い波長の高周波を使用する場合に著しい。また、請求項 2 の表面処理装置によれば、上記請求項 1 の効果に加え、VHF

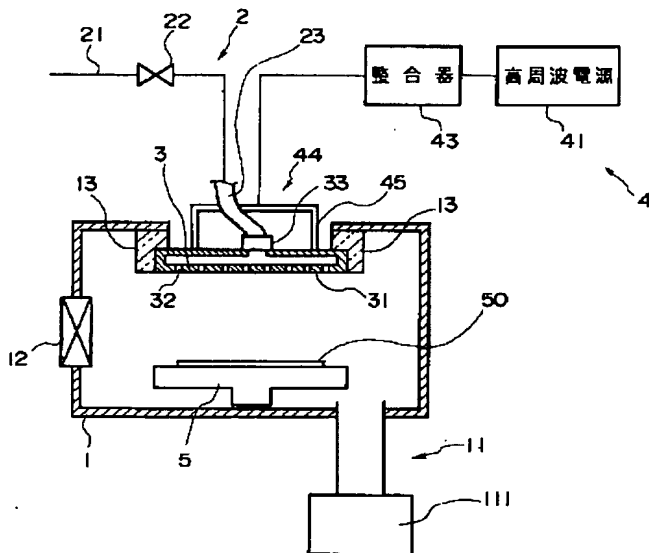


15

帯の高周波を使用するメリットを享受しながら、均一な表面処理を行うことが可能となる。また、請求項 3 の表面処理装置によれば、上記請求項 1 又は 2 の効果に加え、高周波電源及び整合器が一つにまとめられているので、電力印加機構の構成が簡素となり、コスト的に安価となるという効果がある。また、請求項 4 の表面処理装置によれば、上記請求項 1 又は 2 の効果に加え、高周波を分岐させてから整合させるので、各々の分岐導波体自体のインピーダンスの相違等を補償して最適なインピーダンス整合を達成することが可能となるという効果が得られる。また、請求項 5 の表面処理装置によれば、上記請求項 1, 2, 3 又は 4 の効果に加え、正多角形又は円形に近似した形状の基板を処理する装置として最適な構成となるという効果が得られる。また、請求項 6 の表面処理装置によれば、上記請求項 1, 2, 3 又は 4 の効果に加え、電極体の前面への電力供給経路がさらに短縮されるので、電極体の表面インピーダンスに起因した問題をさらに低減させることができるという効果が得られる。また、請求項 7 の表面処理装置によれば、上記請求項 6 の効果に加え、スカート部の内面への高周波の流入が抑制され、エネルギー効率の点で好適な装置となるという効果が得られる。さらに、請求項 8 の表面処理装置によれば、上記請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6 又は 7 の効果に得て液晶ディスプレイ用の基板に対する表面処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】



16

【図 1】本願発明の第一実施例の表面処理装置を説明する概略図である。

【図 2】図 1 の装置における分岐器および分岐導波体の構成を説明する斜視外観図である。

【図 3】第二実施例の表面処理装置を説明する概略図である。

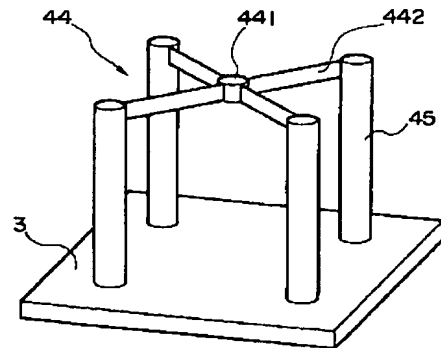
【図 4】第三実施例の表面処理装置を説明する概略図である。

【図 5】従来の表面処理装置の構成を説明する概略図である。

【符号の説明】

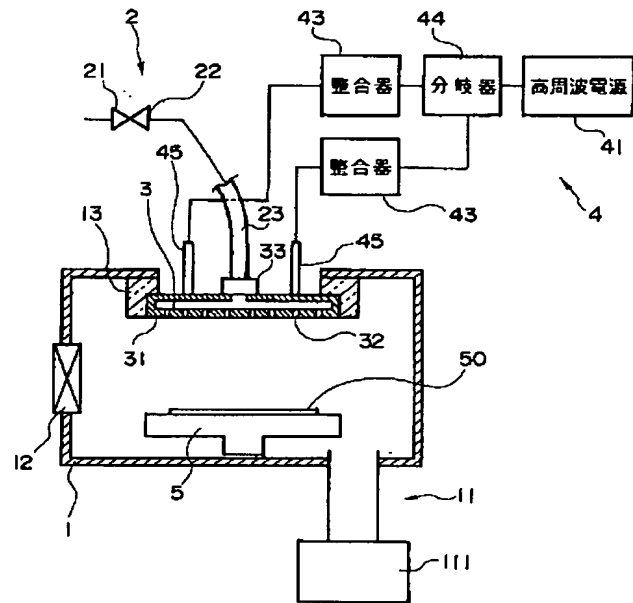
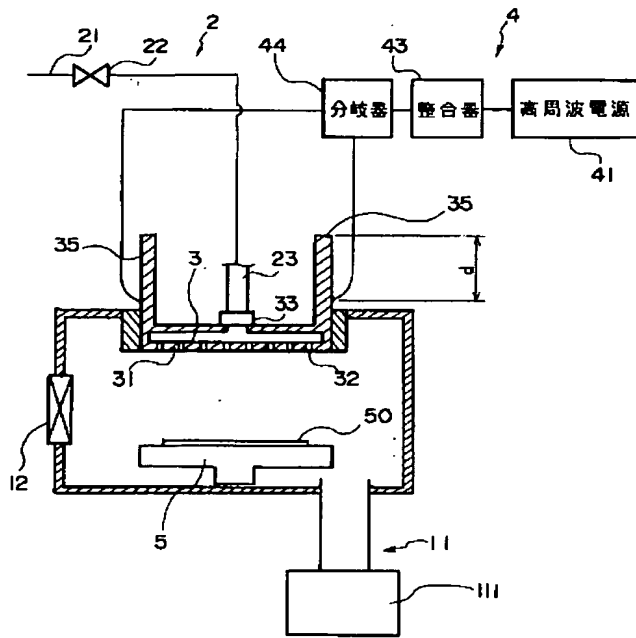
- 1 真空容器
- 11 排気系
- 2 放電用ガス導入系
- 3 電極体
- 31 前面
- 34 電極本体
- 35 スカート部
- 4 電力印加機構
- 41 高周波電源
- 43 整合器
- 44 分岐器
- 45 分岐導波体
- 5 基板ホルダ
- 50 基板

【図 2】

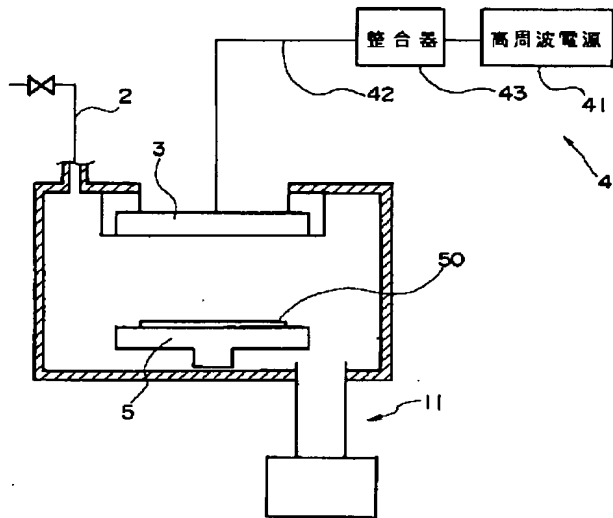


【図 3】

【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/31

H 0 5 H 1/46

識別記号

庁内整理番号

9216-2G

F I

H 0 5 H 1/46

H 0 1 L 21/302

技術表示箇所

A

C

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**